

LASER DIODE MODULE FOR OPTICAL TRANSMISSION

Patent Number: JP4298708
Publication date: 1992-10-22
Inventor(s): KANEKO SHINICHI; others: 02
Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP
Requested Patent: ☒ JP4298708
Application Number: JP19910041863 19910307
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B6/42; G01J3/26; H01S3/18; H04B9/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To stably reduce the modulation distortion of a laser diode and to set the control temperature of a laser diode and etalon almost to room temperature even if the ambient temperature of the laser diode module for optical transmission varies.

CONSTITUTION: The projection light of the laser diode 1 is collimated by a collimator lens 4 into a parallel beam, which passes through the etalon 11 and an optical isolator 6 and is coupled with an optical fiber 3. The light output of the laser diode 1 has modulation distortion, but this modulation distortion is reduced by the etalon 11 which varies in transmissivity depending upon the wavelength. The laser diode 1 and etalon 11 are installed on the same temperature control means 2 and the oscillation wavelength of the laser diode 1 and the transmission characteristics of the etalon are held stable. Further, etalon which has minus variation in the optical path length between reflecting surfaces with temperature is used as the etalon 11 and the set temperature of a temperature control means 2 is set almost to the room temperature.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-298708

(43) 公開日 平成4年(1992)10月22日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/42		7132-2K		
G 0 1 J 3/26		8707-2G		
H 0 1 S 3/18		9170-4M		
H 0 4 B 9/00	S	8426-5K		
// G 0 1 K 11/12	F	7267-2F		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-41863

(22) 出願日 平成3年(1991)3月7日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 金子 進一

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式会社電子システム研究所内

(72) 発明者 足立 明宏

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式会社電子システム研究所内

(72) 発明者 山下 純一郎

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式会社電子システム研究所内

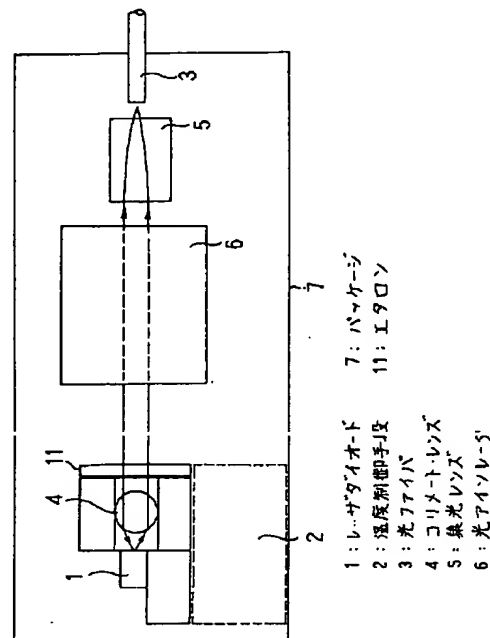
(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光伝送用レーザダイオード・モジュール

(57) 【要約】

【目的】 光伝送用レーザダイオード・モジュールの周囲温度が変化しても、レーザダイオードの変調歪を安定的に低減すると共に、レーザダイオードとエタロンの制御温度を室温付近に設定する。

【構成】 レーザダイオード1の射出光は、コリメートレンズ4により平行ビームにされた後、エタロン11、光アイソレータ6を通過し、集光レンズ5により光ファイバ3に結合される。レーザダイオード1の光出力は変調歪を含んでいるが、透過率が波長に依存して変化するエタロン11により、この変調歪を低減する。レーザダイオード1とエタロン11を同一の温度制御手段2上に設置し、レーザダイオード1の発振波長及びエタロンの透過特性を安定に保っている。また、エタロン11として、温度変化に対する反射面間の光路長の変化の符号が負となるエタロンを使用し、温度制御手段2の設定温度を室温付近に設定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 透過率が波長に依存して変化するエタロンを有し、電気信号をレーザダイオードにより光信号に変換して光ファイバ伝送路に結合するレーザダイオード・モジュールにおいて、上記レーザダイオードと温度変化に対する反射面間の光路長の変化の符号が負となる上記エタロンを共通の温度制御手段により制御するようにしたことを特徴とする光伝送用レーザダイオード・モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光ファイバ通信系等において、電気信号を光信号に変換し伝送する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図4は例えばレーザダイオード・モジュールの構成図である。図において、1はレーザダイオード、3は光ファイバ、4はレーザダイオード1の出射光を平行ビームにするコリメートレンズ、5はこの平行ビームを光ファイバ3に集光する集光レンズ、6は光ファイバ3からの反射光がレーザダイオード1に戻るのを防ぐ光アイソレータ、11は透過率が波長に依存して周期的に変化する性質を有するエタロン、12はレーザダイオード1の温度制御手段、7は上記各部品を固定しているレーザダイオード・モジュール・パッケージである。

【0003】 次に動作について説明する。レーザダイオード1の出射光は、コリメートレンズ4により平行ビームにされた後、エタロン11、アイソレータ6を通過し、集光レンズ5により光ファイバ3に結合される。光アイソレータ6は光ファイバ3等で生じる反射光がレーザダイオード1に戻るのを防いでいるので、光ファイバ3にはレーザダイオード1の特性がそのまま反映されて結合される。エタロン11は、図5に示すように、その透過率が通過する光の波長に対し周期的に変化する性質を有し、以下に述べるようにレーザダイオード1の発振時に生じる変調歪を低減している。また、レーザダイオード1の発振波長は図6に示すような温度特性を持っているので、レーザダイオードの温度制御手段12により温度を制御し発振波長を一定に保っている。即ち、エタロン11を通過した光の変調歪を最小にするような波長を温度制御手段12により設定している。この時、設定する温度としてはできるだけ室温に近い値を選んでいる。これはレーザダイオードを高い温度で駆動すると寿命が短くなり、低い温度で駆動すると周囲温度が高くなった時に冷却が困難になるからである。

【0004】 ここでレーザダイオードの変調歪について述べる。図7にレーザダイオード1の一般的な特性を示す。図において、Iはレーザダイオード1に流れる電*

$$t = t_0 + t_1 K \Delta I + t_2 K^2 \Delta I^2 \dots \dots \dots (4)$$

以上より、エタロン11を挿入した時の電流変化 ΔI に 50 対する光出力変化 ΔP はLとtの積で表され次式のよう

2

* 流、Lはレーザダイオード1の光出力で、L-I曲線8は発振閾値電流 I_{th} 以上の電流で急激に立上り、電流が増加するにつれてわずかに上に凸の形をした非線形な特性を持っている。バイアス電流 I_0 において、電流変化 ΔI に対する光出力変化 ΔL を多項式展開すると次式のように表わせる。

$$\Delta L = L_1 \Delta I + L_2 \Delta I^2 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 L_1 は電流変化 ΔI の1次係数、 L_2 は電流変化 ΔI の2次係数で3次以上の高次の項は小さな値なので無視している。(1)式における L_1 は非線形な特性により生じる二次の変調歪の大きさを示し、L-I曲線8が図7に示したような上に凸の形をしているので、 L_2 は負の値を持っている。このように、L-I曲線8は飽和特性を示しているので、変調電流波形9に対し光強度波形10は歪んだ形となり、変調歪が生じる。

【0005】 次に、レーザダイオード1の非線形な応答特性が線形に補償される原理について述べる。図5はエタロン11の波長に対する透過特性を示し、レーザダイオード1の発振波長は、短波長側への発振波長変化に対してエタロン11の透過率が增加する領域に設定してある。例えば、この設定位置(動作点)をA点とし、エタロンの透過特性における動作点の位相を ϕ_A とする。なお、図2のようにエタロンの波長に対する透過特性を考えた時、ピークの間幅をフリー・スペクトラル・レンジ(FSR)と呼び、反射面間の光路長(距離と屈折率の積)により決まる。この透過曲線をレーザダイオード1の発振波長であるA点において、A点からの波長変化 $\Delta \lambda$ で多項式展開し、高次の項は小さいので無視すると、透過率tは次式で表わされる。

$$t = t_0 + t_1 \Delta \lambda + t_2 \Delta \lambda^2 \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $\Delta \lambda$ はレーザダイオード1の発振波長 λ_0 からの波長変化である。また、 t_0 は波長変化 $\Delta \lambda$ の0次係数、 t_1 は波長変化 $\Delta \lambda$ の1次係数、 t_2 は波長変化 $\Delta \lambda$ の2次係数であり、1次係数 t_1 は、レーザダイオード1の短波長側への波長変化に対し透過率が增加するA点近傍では、負の値を有している。ところで、レーザダイオードはその発振波長が電流の変化に対して変化する性質を有しており、次式の関係がある。

$$\Delta \lambda = K \Delta I \dots \dots \dots (3)$$

ここで、Kは比例定数であり、発振波長が電流の増加に対して長波長側に変位する場合は正、発振波長が電流の増加に対して短波長側に変位する場合は負の符号を有する。レーザダイオードは、1MHz以上の高い周波数の信号電流において、電流の増加に対して短波長側に変位する特性を有し、Kの符号は負である。エタロン11の透過特性は、(3)式を(2)式に代入し高次の項を無視すると、次式のように表わされる。

3

になる。

$$\Delta P = \Delta L \cdot t = P_1 \cdot \Delta I + P_2 \cdot \Delta I^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、電流変化 ΔI の各係数はそれぞれ次式で表わされる。

$$P_1 = L_1 \cdot t_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$P_2 = L_1 \cdot t_1 \cdot K + L_2 \cdot t_0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

先に示したように、レーザダイオードの光出力波形が歪む原因は、電流変化に対する光出力の応答特性に高次の係数が含まれているからである。エタロン11を透過したレーザダイオードの光出力の電流変化に対する応答特性の2次係数 P_2 は、(7)式で表わされた。ここでレーザダイオードの応答特性の2次係数 L_2 の符号は負であるので、(7)式の第2項の符号は負である。一方、エタロン11の透過特性の1次係数 t_1 の符号は負であり、電流変化に対する波長変化の比例係数 K は負である*

$$t = \frac{2R}{(1-R)^2} \cos \phi + 1 - \frac{2R}{(1-R)^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

R : エタロンの反射面の反射率

ϕ : エタロンの透過特性における動作点の位相

$$\phi = 2\pi \frac{\lambda_0}{\lambda_T} = 2\pi \frac{2n\ell}{\lambda_0}$$

λ_T : エタロンのフリースペクトルレンジ (FSR)

$$\lambda_T = \frac{\lambda_0^2}{2n\ell}$$

λ_0 : レーザダイオードの発振波長

ℓ : エタロンの反射面間の距離

n : エタロンの屈折率

エタロン11の動作点、即ち(8)式における ϕ を調整する方法として、エタロン11のFSRを変える方法とレーザダイオード1の波長を変える方法の2通りがある。エタロン11のFSRを変える方法として、エタロン11への光の入射角を変える方法やエタロン11の温度を変える方法がある。しかし、前者の場合、エタロン11の角度を微妙に調節しなければならず組立てが困難であり、後者の場合、エタロン11の温度を変える手段が必要となり高価になる。一方、レーザダイオード1の波長を変える方法としては、その温度を変えれば容易に達成できる。図6に波長1300nmのDFBレーザダイオードの発振波長の温度特性を示す。従って、従来のレーザダイオード・モジュールでは、図4に示すようにレーザダイオード1の温度を、エタロン11の動作点を最適になるように温度制御手段12により設定している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の光伝送用レーザ

4

*ので、(7)式の第1項の符号は正である。従って(7)式の第1項と第2項は打ち消し合うため、定数を適当に選ぶことにより2次係数 P_2 を零に近づけることができる。即ち、エタロン11の動作点を最適に合わせることににより、レーザダイオード1の変調歪を低減することができる。

【0006】以上のように、レーザダイオード1の変調歪を低減するには、レーザダイオード1の短波長側への波長変化に対してエタロン11の透過率が增加する領域で、エタロン11の最適な動作点を設定すればよい。次にエタロン11の動作点を最適に合わせる方法について述べる。エタロン11の波長に対する透過特性を詳しく書くと、次式ようになる。

【0007】

【数1】

ダイオード・モジュールは以上のように構成されているので、レーザダイオード・モジュールの周囲温度が変化した場合、エタロン11の材質の熱膨張と屈折率の変化により、エタロンの反射面間の光路長即ちエタロン11のFSRが変化し、図5に示したエタロン11の透過特性における動作点の位相がレーザダイオード1の非線形な応答特性を補償する ϕ_0 からずれて、安定的にレーザダイオード1の変調歪を低減できなくなるという問題点があった。また、エタロン11を温度制御する時に、レーザダイオード1とエタロン11を各々別個に温度制御することも可能であるが、構造が複雑になると共に高価になるため望ましくない。そこで、エタロン11をレーザダイオード1と同一の温度制御手段上に設置すればよいが、エタロン11の動作点を最適値に合わせる場合、その温度を室温付近に設定しなければならぬ。これは上述したように、レーザダイオード1を高い温度で駆動すると寿命が短くなり、低い温度で駆動しようとする、周囲温度が上昇した時に冷却が困難になるからであ

る。

【0009】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、レーザダイオード・モジュールの周囲温度が変化しても、レーザダイオードの変調歪を安定的に低減すると共に、レーザダイオードとエタロンの制御温度をできるだけ室温に近い温度に設定できるレーザダイオード・モジュールを得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係る伝送用レーザダイオード・モジュールは、レーザダイオードと透過率が波長に依存して変化するエタロンを、共通の温度制御手段により制御し、かつ、エタロンとして、温度変化に対する反射面間の光路長の変化の符号が負となるエタロンを用いたものである。

【0011】

【作用】レーザダイオードと透過率が波長に依存して変化するエタロンを、共通の温度制御手段で制御することにより、エタロンの動作点の変動を小さくし、また、エタロンとして、温度変化に対する反射面間の光路長の変化の符号が負となるエタロンを用いることにより、室温付近でエタロンの動作点を最適値に調整することができる。

【0012】

10

20

*

$$\Delta \phi = 2\pi \times \frac{2n_0}{\lambda_0} \left\{ \left(\alpha + \frac{1}{n} \times \frac{dn}{dT} \right) - \left(\frac{1}{\lambda_0} \times \frac{d\lambda_0}{dT} \right) \right\} \Delta T \dots (9)$$

α : エタロンの材質の熱膨張係数

$\frac{dn}{dT}$: エタロンの材質の屈折率の温度変化

(9)式{ }内第1項は、エタロン11の材質の熱膨張係数と屈折率の温度係数の和で表わされ、温度変化にともなうエタロン11の反射面間の光路長の変化を表し、(9)式{ }内第2項は、温度変化にともなうレーザダイオード1の発振波長の変化を表している。通常、(9)式{ }内第2項の符号は正である。エタロン11の材質として(9)式{ }内第1項の符号が正となるもの、即ち、温度に対するエタロン11の反射面間の光路長の変化の符号が正となるものを用いた場合、

(9)式{ }内の絶対値は小さくなり、温度を変えた時の動作点の変化が小さくなるため、エタロン11の動作点を調整する時は、室温付近より大きく温度を変える必要がある。一方、(9)式{ }内第1項の符号が負の場合には、(9)式{ }内第1項と第2項の符号が同じになり、(9)式{ }内の絶対値は大きくなるので、エタロン11の動作点を最適位置に合わせるのに、室温付近からわずかに温度を変えれば良いことになる。

【0016】エタロン11の材質として(9)式{ }内第1項の符号が正となるBK7、また符号が負となる水晶を用いた場合について、エタロン11の動作点を最

*【実施例】実施例1

図1はこの発明の一実施例を示す光伝送用レーザダイオード・モジュールの構成図で、1、3～7、11は従来のレーザダイオード・モジュールにおける同一符号のもので同様の機能を果すものである。また、2はレーザダイオード1及びエタロン11の温度を制御する手段である。

【0013】次に動作について説明する。レーザダイオード・モジュールの周囲温度が変化しても、エタロン11はレーザダイオード1と共に温度制御手段2上に設置されているので、一定温度に保たれる。このためエタロン11の動作点は変わらず、周囲温度が変化しても安定的にレーザダイオード1の変調歪を保証することができる。

【0014】次に温度制御手段2の温度を周囲温度付近に設定する方法について述べる。温度制御手段2の設定温度を変えると、レーザダイオード1の発振波長が変わると共にエタロン11の反射面間の光路長も変化する。この時、エタロン11の透過特性を示す(8)式における位相の変化 $\Delta \phi$ は次式で表わされる。

【0015】

【数2】

適位置に合わせるのに必要な温度変化量の計算例を示す。図2に上記各材質の物性値を示す。例えばレーザダイオードとして、波長1300nmのDFBレーザダイオードを用いた場合、(9)式{ }内第2項は

【0017】

【数3】

$$\frac{1}{\lambda_0} \times \frac{d\lambda_0}{dT} = 5.4 \times 10^{-5} \text{ (} ^\circ\text{C}^{-1} \text{)}$$

となる。また、エタロン11の材質として一般的であり、(9)式{ }内第1項の符号が正となるBK7の場合、エタロン11の透過率を1周期変化させるのに必要な室温からの温度変化量 ΔT は、FSRを1nmとすると、

$$\Delta T = \pm 8.4 \text{ (} ^\circ\text{C} \text{)}$$

となる。一方、エタロン11の材質として水晶を用いて、水晶の光学軸に垂直にしかもレーザダイオード1からの出射光が異常光として透過するようにした場合、

(9)式{ }内第1項の符号は負となり、エタロン11の透過率を1周期変化させるのに必要な室温からの温

度変化量 ΔT は、FSRを1nmとすると、
 $\Delta T = \pm 4.2$ (°C)
 となり、BK7の場合に比べ、約半分の温度変化でエタ
 ロン11の動作点の調整ができる。

【0018】実施例2

なお、上記においては、ソリッドタイプのエタロンにつ
 いて説明を行ったが、エアギャップタイプのエタロンに
 ついても全く同じ効果が得られる。図3は、この発明の
 他の実施例に係るエアギャップタイプのエタロンの断面
 図である。図において、13は15の基板Cに対向する
 面に反射面を有する基板A、14は13の基板Aに対向
 する面に15の基板Cが張り付けられている基板B、1
 5は13の基板Aに対向する面に反射面を有する基板*

$$l = l_1 - l_2 \quad \text{----- (10)}$$

$$\alpha = \left(\frac{dl_1}{dT} - \frac{dl_2}{dT} \right) / l \quad \text{----- (11)}$$

$$n = n_{\text{air}} \quad \text{----- (12)}$$

$$\frac{dn}{dT} = \frac{dn_{\text{air}}}{dT} \quad \text{----- (13)}$$

l_1 : スペーサの厚み

$\frac{dl_1}{dT}$: スペーサの熱膨張

n_{air} : 空気の屈折率

l_2 : 基板Cの厚み

$\frac{dl_2}{dT}$: 基板C熱膨張

$\frac{dn_{\text{air}}}{dT}$: 空気の屈折率の温度変化

【0020】

【発明の効果】以上のように、この発明によればレーザ
 ダイオードと透過率が波長に依存して変化するエタロン
 を、共通の温度制御手段により制御しているため、簡単
 な構造で、周囲温度の変化に対し安定に変調歪の補償が
 できるという効果がある。また、エタロンとして温度変
 化に対する反射面間の光路長の変化の符号が負となるエ
 タロンを使用しているため、温度制御手段の設定温度を
 室温付近に設定でき、レーザダイオードの寿命が長くな
 る効果や、高度の冷却能力を備えた温度制御手段を用い
 る必要がなくなるといった効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1及び実施例2を示す伝送用
 レーザダイオード・モジュールの構成図である。

【図2】エタロンの物性値を示す図である。

* C、16は13の基板Aと14の基板Bを固定するスベ
 ーサである。この図に示したエタロンの場合、反射面間
 の距離及びその熱変化は、スペーサ16と15の基板C
 の厚みの差及びそれらの熱膨張の差で表される。また、
 屈折率及びその熱変化は、空気の屈折率及びその熱変化
 である。そこで、次式を用いることにより9式はそのまま
 エアギャップタイプのエタロンにもあてはまる。な
 お、空気の屈折率及びその熱変化は定数なので、スベ
 ーサ16と15の基板Cのそれぞれの材質及び厚みを変え
 ることにより、この発明に係るエアギャップタイプのエ
 タロンは実現できる。

【0019】

【数4】

【図3】この発明の実施例2によるエアギャップタイプ
 のエタロンの構成図である。

【図4】従来の伝送用レーザダイオード・モジュールの
 構成図である。

【図5】エタロンの透過特性図である。

【図6】レーザダイオードの発振波長の温度特性図であ
 る。

【図7】レーザダイオードの光出力の応答特性図であ
 る。

【符号の説明】

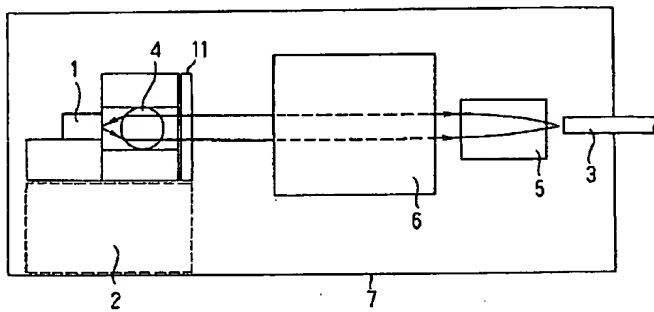
1 レーザダイオード

2 温度制御手段

3 光ファイバ

11 エタロン

【図1】



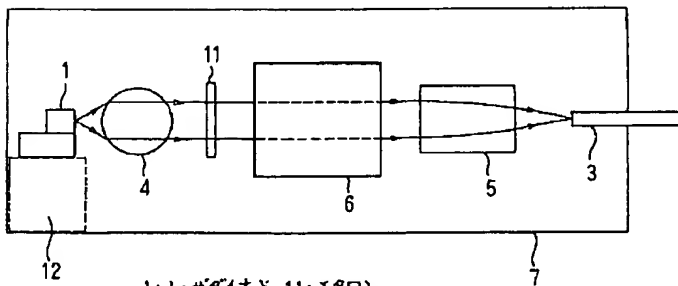
- 1: レーザダイオード 7: パッケージ
2: 温度制御手段 11: エタロン
3: 光ファイバ
4: コリメートレンズ
5: 集光レンズ
6: 光アイソレータ

【図2】

材質	屈折率 (n)	屈折率の温度係数 (dn/dT)	総吸収係数 (α)
水晶 ($\lambda = 589.3 \text{ nm}$)	1.553 ^{*1}	-6×10^{-6} ^{*1}	0.13×10^{-5} ^{*2}
BK7 ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$)	1.515	1.4×10^{-6}	7.2×10^{-5}

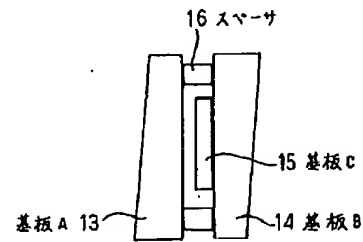
- *1 異常光線に対する値
*2 光軸に垂直な方向に対する値

【図4】

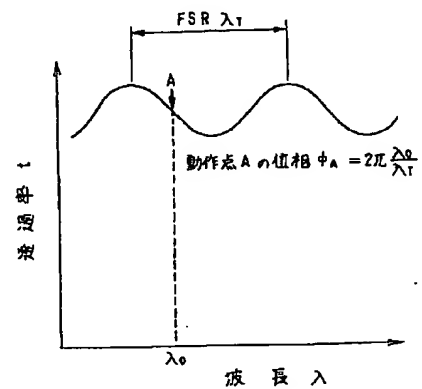


- 1: レーザダイオード 11: エタロン
3: 光ファイバ 12: 温度制御手段
4: コリメートレンズ
5: 集光レンズ
6: 光アイソレータ
7: パッケージ

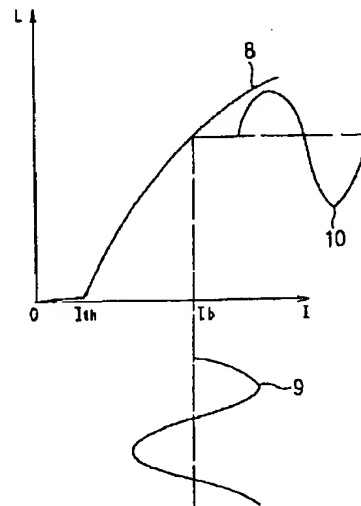
【図3】



【図5】



【図7】



- 8: L-I 曲線
9: 変調電流波形
10: 光強度波形

【図6】

